CDD: 589.1
363.7392

LIQUENS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO AR NO PARQUE ZOOBOTÂNICO DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI (MPEG), BELÉM-PA

Sheyla Mara de Almeida Ribeiro[1]
Ivanete Nogueira Galhardo[1]
Rosildo Santos Paiva[1]
Eugênia Cristina Pereira[2]
Fernando Mota-Filho[2]
Nicácio Henrique da Silva[3]

RESUMO – Os liquens têm grande capacidade de fixar e acumular poluentes do ar, o que permite utilizá-los como bioindicadores de poluição atmosférica. Com o objetivo de avaliar o nível de poluição no Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi, área localizada entre vias de constante e intenso fluxo de veículos, utilizaram-se dois métodos de avaliação: o Biomonitoramento Ativo e o Índice de Pureza Atmosférica. No primeiro, o líquen Cladonia substellata *Vainio foi transplantado de um ambiente não poluído para 5 pontos da área em estudo, a fim de se verificar a ação dos poluentes sobre a síntese de pigmentos fotossintetizantes, que foram extraídos, mensalmente, com acetona a 80% e quantificados por espectrofotometria em diferentes comprimentos de onda. Um dos sinais visíveis de poluição é a*

[1] UFPA-Universidade Federal do Pará. Departamento de Biologia. Campus Universitário, Av. Augusto Corrêa, 1. 66075-900, Belém-PA.

[2] UFPE-Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Ciências Geográficas. Av. Prof. Moraes Rego, s/n. 50739-000, Recife-PE.

[3] UFPE-Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Bioquímica. Av. Prof. Moraes Rego, s/n. 50739-000, Recife-PE.

SciELO/MPEG

descoloração do talo liquênico. Isto ocorre em conseqüência da degradação das moléculas de clorofilas, transformando-as em suas respectivas feofitinas. No segundo método, os liquens presentes na área de estudo foram analisados mediante freqüência de espécies e percentual de cobertura nos troncos das árvores. Sobre esses dados, foram aplicadas fórmulas que permitiram calcular o IPA para a área em estudo, onde observou-se pontos com alto, médio e baixo índice de poluição.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Atmosférica, Biomonitores, Líquen, *Cladonia substellata* Vainio.

ABSTRACT – Lichens fix and accumulate air pollutants and hence they have been used as indicators of pollution. Two methods were used to appraise the pollution in the Goeldi Museum: The Transplant metthod and the Index of Atmospheric Purity (IAP). In that, the lichen Cladonia substellata *Vainio was collected in clean area and transplanted into polluted area of Goeldi Museum, where they remain for a period of time. The pigments were extracted with acetone to 80% and their contents obtained by spectrophotometric measurements. One of the visible signs of pollution is the discoloration of thallus, which is caused by the break down of chlorophyll molecules to their respective phaeophytins. A second approach was to study the lichens through frequency of species, relative frequency and predominant course at trees. The IAP was calculated for each studied area, where were observed points with high, intermediate and low pollution indexes.*

KEY WORDS: Air Pollution, Biomonitors, Lichen, *Cladonia substellata* Vainio.

INTRODUÇÃO

Os liquens são resultantes da associação simbiótica entre algas e fungos, onde a alga faz a síntese dos carboidratos e o fungo absorve e conserva a água necessária ao conjunto. A reunião de dois seres de naturezas distintas lhes confere notável capacidade adaptativa, sendo

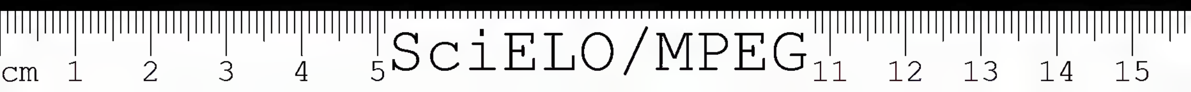
cm 1 2 3 4 5 SciELO/MPEG 11 12 13 14 15

encontrados do equador aos pólos sob as mais diversas condições. Entretanto, a pureza do ar atmosférico é um fator crucial à presença e sobrevivência dos liquens, visto que se alimentam basicamente de forma higroscópica, absorvendo e acumulando poluentes do ar (Nieboer *et al.* 1972; Seaward 1977; Pilegaard 1978; Hale 1983; Nash III 1996).

Os trabalhos que falam da ação dos poluentes sobre o sistema de pigmentação em liquens, freqüentemente referem a degradação de clorofilas como um bom parâmetro de detecção precoce de ambientes poluídos (Vernon 1960; Hill 1963; Gries *et al.* 1995; Pereira 1998). As algas elaboram, por fotossíntese, substâncias orgânicas, utilizando o anidrido carbônico e a água como matéria-prima, e a luz como fonte de energia. Os poluentes atmosféricos interferem nesse processo, impedindo a síntese de clorofila ou transformando este pigmento em feofitina, o que provoca a redução na taxa fotossintética dos liquens, podendo levá-los à morte (Xavier-Filho 1983; Nash III 1996).

Rao & Le Blanc (1966) observaram que exemplares de *Parmelia caperata* (L.) Ach. e *Parmelia sulcata* Tayl. transplantados para áreas poluídas, apresentavam características anormais após o transplante, tais como redução na espessura dos talos e perda da quantidade de clorofila presente nas células das algas. Acreditava-se que a simples mudança de ambiente fosse responsável por essas alterações, entretanto, os liquens transplantados para áreas não poluídas, como controle, continuavam saudáveis, demonstrando que os poluentes atmosféricos eram, na verdade, os responsáveis pelos danos sofridos pelo talo liquênico.

A sensibilidade dos liquens à poluição atmosférica tem sido estudada há mais de cem anos, entretanto, avaliações críticas vêm sendo realizadas apenas nas últimas décadas, com programas de pesquisa conduzidos na Bélgica, Canadá, Reino Unido, França, Alemanha, Hungria, Japão, Nova Zelândia, Polônia, Escandinávia, Estados



Unidos e Venezuela. Cerca de 90% dos trabalhos que tratam do líquen como bioindicador de poluição ambiental demonstram a correlação entre distribuição das espécies e fontes poluidoras; e a importância da biomonitoração da distribuição e violência das emissões de poluentes (Seaward 1976; Hawksworth & McManus 1989; Seaward 1993).

Quando o ar torna-se poluído, como por exemplo, na instalação de indústrias no perímetro urbano, algumas espécies tendem a desaparecer. Desta forma, é possível medir o grau de poluição da área a partir do desaparecimento de espécies menos resistentes, através do levantamento periódico da micota liquenizada componente do meio ambiente em estudo (Seaward 1976, 1977).

Com o objetivo de avaliar o nível de poluição atmosférica no Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), área de grande importância histórica e diversificada vegetação, utilizou-se dois métodos de avaliação: o Biomonitoramento Ativo e o Índice de Pureza Atmosférica (IPA). O primeiro é um método quali-quantitativo, através do qual se estudou o comportamento fisiológico de *Cladonia substellata* Vainio transplantada de um ambiente não poluído para a área em estudo, a fim de se verificar a ação dos poluentes sobre a síntese de clorofilas e feofitinas extraídas do talo liquênico; o segundo trata-se de um método quantitativo, cujos valores são deduzidos matematicamente, e que se baseia, fundamentalmente, no número de espécies e biomassa liquênica da área estudada.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O Museu Paraense Emílio Goeldi é uma instituição de investigação científica que tem como finalidade pesquisar e preservar a flora, a fauna e o homem da Amazônia, bem como seu ambiente físico. O Parque Zoobotânico do MPEG ocupa uma área de 52.000 m^2, com amostras vivas da flora e fauna da Amazônia. São aproximadamente

cm 1 2 3 4 5 SciELO/MPEG 11 12 13 14 15

2.000 plantas, entre árvores e arbustos, e 600 animais que vivem em cativeiro ou soltos pelo parque, que está localizado no centro urbano de Belém, Pará, Brasil, entre as avenidas 9 de Janeiro, Magalhães Barata, Alcindo Cacela e Gentil Bittencourt (Figura 1).

MATERIAL E MÉTODOS

Biomonitoramento Ativo

Cladonia substellata Vainio foi coletada em solo arenoso da Campina do Guajará, área distante de fontes poluidoras, localizada no Povoado do Guajará, Município do Acará, Pará, Brasil. As amostras coletadas foram acondicionadas em recipientes plásticos, juntamente com seu substrato, sendo em seguida transplantadas para 5 pontos selecionados no MPEG, de acordo com a proximidade do tráfego de veículos nas avenidas entre as quais o parque se localiza. Os experimentos foram montados e depositados nos canteiros laterais e centrais do parque (Figura 2).

As análises foram iniciadas em outubro/95 com a extração de pigmentos fotossintetizantes utilizados como padrão. Após o transplante foram realizadas extrações mensais de novembro/95 a maio/96, triturando-se 200 mg de talo seco e adicionando-se 10 mL de acetona a 80%, sendo mantidos no escuro durante 48 h. Decorrido este período, o material foi centrifugado e o sobrenadante submetido à leitura espectrofotométrica nos seguintes comprimentos de onda: 663 nm, 645 nm, 666 nm, 536 nm.

Os resultados das leituras foram aplicados aos cálculos dos teores de clorofilas "a" e "b" (Hill 1963) e feofitinas "a" e "b" (Vernon 1960).





Figura 1 - Trecho da cidade de Belém-PA com a localização do Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi.

Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

A área do MPEG foi dividida em 12 quadrantes de 0,46 ha (Figura 2), nos quais se fez a contagem das árvores com diâmetro igual ou superior à cobertura de uma tela de nylon de 25 cm x 25 cm, dividida em 25 quadrados de 5 cm x 5 cm. Foram escolhidas 10 árvores por quadrante para fixar a tela, excluindo-se as que não ofereciam um substrato adequado ao desenvolvimento de liquens. A tela foi fixada a 1,50 m acima do solo (DAP), na área do tronco com maior

SciELO/MPEG

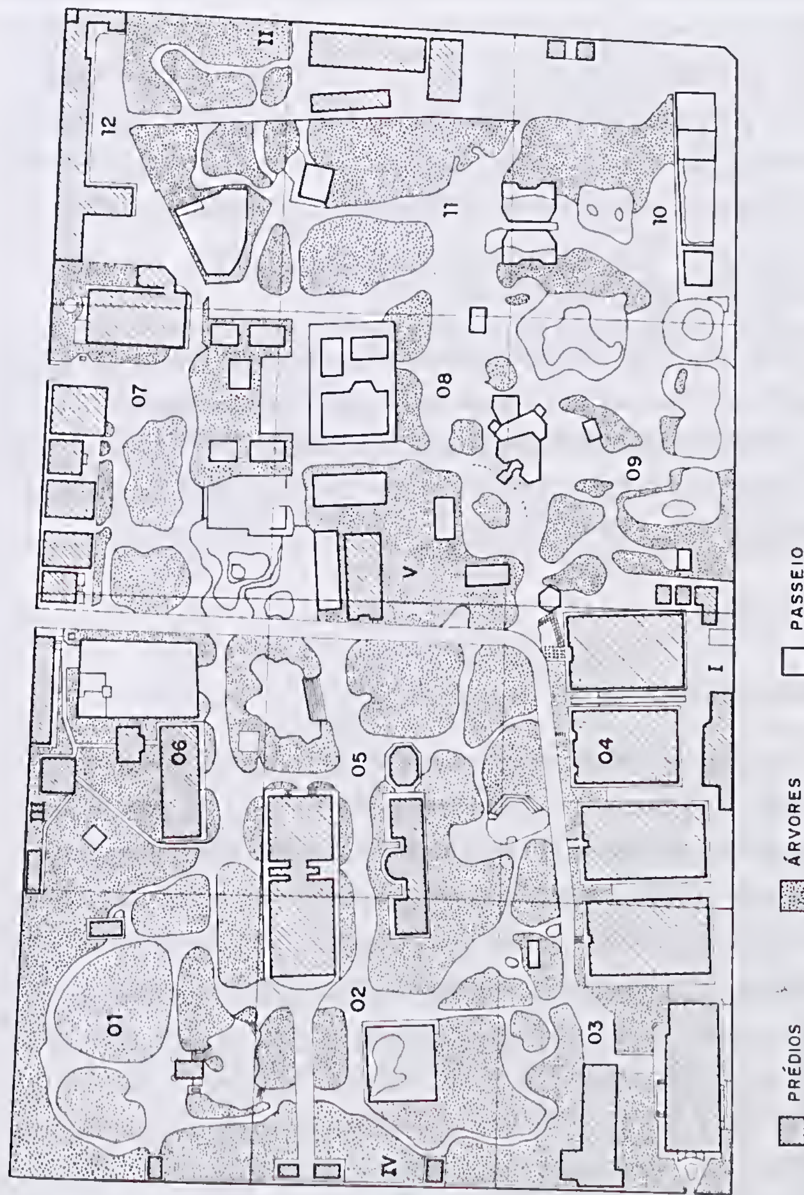


Figura 2 - Área do Parque Zoobotânico do MPEG, dividido em quadrantes, e a localização dos 5 pontos (em algarismo romano) onde foram depositados os experimentos do Biomonitoramento Ativo.

SciELO/MPEG

cobertura de liquens, conferindo-se, em cada árvore, o número de quadrados da tela que continham liquens, indicando o percentual de cobertura nas árvores; o número de espécies presentes na superfície da árvore envolvida pela tela, que indica a diversidade específica; o número de espécies presentes em cada quadrado da tela, indicando a abundância das espécies; e a direção predominante de crescimento dos liquens nos troncos das árvores, obtida através de leitura de bússola.

Esses dados foram aplicados à fórmula do IPA, segundo Le Blanc & De Sloover (1970).

Os valores do IPA obtidos para cada quadrante foram incluídos nas classes de alto, médio e baixo Índice de Pureza Atmosférica, de acordo com a fórmula desenvolvida por Castro (1975), sendo que quanto maior for o valor do IPA, menor será o nível de poluição atmosférica.

RESULTADOS

Biomonitoramento Ativo

Os resultados obtidos revelaram uma redução nos teores de pigmentos em todos os pontos analisados após o 1° mês de experimento, com exceção da feofitina "a" que chegou a duplicar em alguns pontos, demonstrando o impacto causado pelo aumento nos níveis de poluentes atmosféricos.

No ponto I (Tabela 1) houve uma recuperação gradativa nos teores de pigmentos, atingindo o pico máximo no mês de abril, com 76,85 g/L de clorofila "a", 20,65 g/L de clorofila "b" e 104,6 g/L de feofitina "a", entretanto a feofitina "b" mostrou-se sempre negativa no decorrer do experimento. No mês de maio ocorreu uma redução drástica nos teores desses pigmentos, com exceção da feofitina "b", que aumentou de -20,75 g/L para -3,3 g/L.

Tabela 1 - Teores de clorofilas e feofitinas (g/L) extraídos mensalmente de liquens do ponto I.

	Out/95 (Padrão)	Nov/95	Dez/95	Jan/96	Fev/96	Mar/96	Abr/96	Maio/96
Cl a	40,35	22,75	32,75	34,70	42,40	38,00	76,86	15,55
Cl b	5,25	0,50	6,20	7,75	15,95	9,30	20,65	7,80
Fe a	12,52	29,70	44,25	47,10	60,80	49,45	104,6	20,40
Fe b	-3,2	-8,65	-4,10	-11,95	-15,95	-8,80	-20,75	-3,30

Nos pontos II e V (Tabelas 2, 5) houve uma diminuição gradual nos teores de pigmentos, culminando com a morte do talo liquênico no mês de março.

Tabela 2 - Teores de clorofilas e feofitinas (g/L) extraídos mensalmente de liquens do ponto II.

	Out/95 (Padrão)	Nov/95	Dez/95	Jan/96	Fev/96	Mar/96
Cl a	40,35	27,95	15,65	20,55	7,95	+
Cl b	5,25	4,95	7,75	10,50	4,95	+
Fe a	12,52	35,30	21,40	29,65	10,50	+
Fe b	-3,2	-8,40	1,65	-8,85	-1,10	+

+ Morte do líquen.

No ponto III (Tabela 3) observou-se um equilíbrio nas concentrações de clorofilas "a" e "b", bem como de feofitinas "a" e "b" que mantiveram-se estáveis no decorrer do experimento.

Tabela 3 - Teores de clorofilas e feofitinas (g/L) extraídos mensalmente de liquens do ponto III.

	Out/95 (Padrão)	Nov/95	Dez/95	Jan/96	Fev/96
Cl a	40,35	18,20	19,25	18,65	#
Cl b	5,25	-0,50	6,20	10,25	#
Fe a	12,52	16,85	23,45	20,65	#
Fe b	-3,2	3,75	4,60	16,05	#

Perda do experimento.

cm 1 2 3 4 5 SciELO/MPEG 11 12 13 14 15

No ponto IV (Tabela 4), os teores de pigmentos mantiveram-se relativamente constantes nos primeiros meses, alcançando um ligeiro aumento em abril. Em seguida caíram bruscamente, principalmente a clorofila "b", que passou de 11,55 g/L para 2,25 g/L no mês de maio.

Tabela 4 - Teores de clorofilas e feofitinas (g/L) extraídos mensalmente de liquens do ponto IV.

	Out/95 (Padrão)	Nov/95	Dez/95	Jan/96	Fev/96	Mar/96	Abr/96	Maio/96
Cl a	40,35	27,35	13,55	12,65	15,00	12,15	19,30	5,65
Cl b	5,25	3,00	9,25	4,20	6,15	9,75	11,55	2,25
Fe a	12,52	32,35	18,95	10,20	20,80	12,35	23,20	5,80
Fe b	-3,2	-5,65	0,65	11,65	-4,25	4,70	2,35	-0,50

Tabela 5 - Teores de clorofilas e feofitinas (g/L) extraídos mensalmente de liquens do ponto V.

	Out/95 (Padrão)	Nov/95	Dez/95	Jan/96	Fev/96	Mar/96
Cl a	40,35	30,45	14,45	17,95	3,80	+
Cl b	5,25	4,90	6,70	8,65	2,60	+
Fe a	12,52	36,15	20,05	20,35	3,40	+
Fe b	-3,2	-4,30	6,05	1,35	2,50	+

+ Morte do líquen.

Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

A densidade da vegetação no MPEG foi expressa pelo número de árvores por quadrante, sendo que os quadrantes 01 e 02 apresentaram uma vegetação densa, com 154 e 122 árvores, respectivamente. O quadrante 08 foi o que apresentou menor densidade, com apenas 19 árvores, distribuídas em uma área de 0,46 ha. Os demais quadrantes apresentaram densidade média, variando de 44 árvores no quadrante 06 a 99 no quadrante 10, como mostra a Tabela 6.

SciELO/MPEG

Tabela 6 - Valores do Índice de Pureza Atmosférica (IPA) para cada quadrante do Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi, associados às classes de pureza atmosférica e ao número de árvores com diâmetro igual ou superior a 25 cm, presentes em cada quadrante.

QUADRANTES	IPA	CLASSES	Nº ÁRVORES
01	4,99	Baixo	154
02	6,91	Médio	122
03	14,4	Alto	88
04	8,53	Médio	62
05	14,0	Alto	87
06	9,86	Médio	44
07	7,98	Médio	54
08	12,89	Alto	19
09	12,67	Alto	83
10	9,37	Médio	99
11	8,44	Médio	66
12	7,19	Médio	84

A análise das árvores mostrou que a direção de crescimento dos liquens nos troncos das mesmas variou ao longo da área de estudo. Em 5,83% das árvores, os liquens apresentaram maior densidade e melhor desenvolvimento na direção Norte. Nesta mesma percentagem, ocorreu um melhor crescimento na direção Es-Sudeste. Em 5% das árvores, os liquens se desenvolveram melhor na direção Sudeste, sendo que esta mesma proporção foi observada para a direção Su-Sudeste, Su-Sudoeste e Nor-Noroeste. A direção predominante de crescimento dos liquens foi a Oeste, pois em 13,33% das árvores os liquens apresentaram maior densidade e melhor desenvolvimento nesta direção.

A Tabela 6 mostra os valores do IPA em cada quadrante, associados às respectivas classes de pureza atmosférica. O quadrante 01 foi considerado o mais poluído, sendo incluído na classe de baixo Índice de Pureza Atmosférica. Os quadrantes 02, 04, 06, 07, 10, 11 e 12 apresentaram média intensidade de poluição, com valores do IPA igual a 6,91, 8,53, 9,86, 7,98, 9,37, 8,44 e 7,19 respectivamente.

cm 1 2 3 4 5 SciELO/MPEG 11 12 13 14 15

O menor nível de poluição foi observado no quadrante 03, que apresentou IPA igual a 14,4, seguido pelo quadrante 05, que apresentou IPA igual a 14. Os quadrantes 08 e 09 apresentaram IPA igual a 12,89 e 12,67 respectivamente, sendo incluídos na classe de alto Índice de Pureza Atmosférica.

Os dados obtidos permitiram o mapeamento da qualidade do ar no MPEG, possibilitando uma visão geral do nível de poluição no local (Figura 3).

DISCUSSÃO

A contaminação atmosférica é um problema enfrentado desde a antigüidade, mas que alcançou níveis alarmantes com a massificação dos transportes urbanos, que são as principais fontes poluidoras nas grandes cidades. A queima do combustível utilizado pelos veículos, libera grande quantidade de poluentes pela descarga dos motores (Xavier-Filho 1983).

Estudos feitos por Sernander (1926) e Gilbert (1965) demonstraram que a ausência de liquens nos centros urbanos é resultado, principalmente, da presença de poluentes. Por outro lado, Klement (1956, 1958) e Rydzak (1958, 1969) sugeriram que a ausência de liquens na cidade deve-se, inteiramente, ao fenômeno da dessecação. Entretanto, de acordo com LeBlanc & Rao (1973), há um grande aumento nas evidências que indicam que a poluição do ar é o fator ambiental mais importante na determinação da sobrevivência ou não desses organismos em ambientes urbanos.

O biomonitoramento da qualidade do ar no MPEG permitiu uma estimativa do nível de poluição na área, que encontra-se localizada entre vias de constante e intenso fluxo de veículos, estando sujeita aos poluentes emitidos por suas descargas. Chen *et al.* (1995) e Losada *et al.* (1995a, 1995b) avaliaram o nível de poluição atmosférica no Campus da

SciELO/MPEG

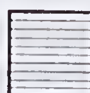
Q 01 4,99	Q 06 8,86	Q 07 7,98	Q 12 7,19
Q 02 6,91	Q 05 14,0	Q 08 12,89	Q 11 8,44
Q 03 14,4	Q 04 8,53	Q 09 12,67	Q 10 9,37



IPA BAIXO



IPA MÉDIO



IPA ALTO

Figura 3 - Índice de pureza atmosférica (IPA) no Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi.

Universidade Federal de Pernambuco, através do Índice de Pureza Atmosférica e da análise de fenóis corticais e medulares, bem como de clorofilas e feofitinas extraídas do talo de *Parmotrema praesorediosum* (Nyl.) Hale e *Leptogium* sp, relacionando a degradação das moléculas de clorofilas e a ausência de liquens com o fluxo de veículos nas proximidades.

cm 1 2 3 4 5 SciELO/MPEG 11 12 13 14 15

A análise dos bioindicadores ativos no parque do MPEG mostrou um distúrbio nos teores de pigmentos fotossintetizantes um mês após o transplante do material, observando-se redução nos níveis de clorofilas "a" e "b" e um considerável aumento na feofitina "a", o que sugere a ocorrência de uma desordem fisiológica. Mesmo na ausência de um transplante controle, esta desordem pode ser atribuída à ação dos poluentes, com base em vários autores que realizaram o transplante de espécies para áreas controladas e concluíram que a poluição, e não a mudança de ambiente, interferiu no desenvolvimento do líquen. É o caso de Brodo (1961, 1966), que realizou o transplante de liquens para áreas poluídas de Nova Iorque, comparando com amostras padrão transplantadas para áreas controladas. Este autor observou que as amostras controle permaneciam saudáveis, algumas vezes demonstrando considerável crescimento de seus talos, enquanto aquelas dos arredores da cidade de Nova Iorque morriam 3 a 4 meses após terem sido transplantadas, atribuindo isto aos agentes poluentes, especialmente o dióxido de enxofre, abundante em ambientes urbanos.

Os cinco pontos analisados no MPEG apresentaram teores de feofitina "a" sempre superiores aos de clorofila "a", com exceção da extração padrão realizada antes do transplante, que mostrou os teores de clorofilas consideravelmente superiores aos de feofitinas. Isto demonstra que após o transplante ocorreu a incorporação de poluentes e a interferência destes no processo fotossintético dos liquens.

Os pontos I e IV apresentaram teores similares de clorofila "a" e feofitina "a", entretanto no primeiro os pigmentos mostraram-se bastante elevados, indicando ser este uma área de transição, ao contrário do segundo que apresentou teores reduzidos, podendo ser considerado uma área mais sujeita à poluição uma vez que a síntese de pigmentos foi igualmente comprometida. Isto se deve, provavelmente, a sua localização próximo a uma das vias de maior tráfego de veículos, a Av. Magalhães Barata.



Sobre o ponto III não foi possível tecer informações precisas, devido ao desaparecimento do experimento em fevereiro/96, deixando uma lacuna no que se refere ao cruzamento de informações, sem, no entanto, prejudicar a avaliação geral da área.

Os liquens dos pontos II e V apresentaram a síntese de pigmentos também comprometida, apresentando baixos teores de todos os pigmentos, os quais foram reduzindo gradativamente até cessar completamente no mês de março, com a morte dos liquens. No ponto II, isso indica um nível elevado de poluição atmosférica que está relacionado com sua localização próximo a uma das vias de intenso tráfego de veículos, a Av. Gentil Bittencourt. No ponto V, isso pode ser atribuído às condições de sombreamento do local e não à poluição atmosférica, pois *C. substellata* é uma espécie que se desenvolve normalmente em habitats extremamente expostos à luz solar. De acordo com os dados do IPA, o quadrante 08, onde estava localizado o ponto V, apresentou alto Índice de Pureza Atmosférica, o mesmo ocorrendo com o quadrante 05, ambos localizados no centro do parque e distante das fontes poluidoras, estando protegidos pela barreira vegetal que circunda a área.

Uma mesma espécie de fungo liquenizado pode apresentar variações na sua composição química, dependendo das condições microclimáticas a que estiver exposta. Legaz *et al.* (1986) referem a influência do microclima sobre *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. ocorrente em solos arenosos de tabuleiros paraibanos. Em testes de quantificação de pigmentos e fenóis, estes autores constataram que as amostras localizadas sobre um dossel de *Anacardium occidentale* L. possuíam maiores teores de pigmentos fotossintetizantes, enquanto as que estavam expostas diretamente ao sol apresentavam maiores teores de fenóis.



Devido à ausência de um estudo sobre as condições microclimáticas do parque, não foi possível analisar a influência de fatores como temperatura, umidade e intensidade luminosa no desenvolvimento e distribuição dos liquens. Tais dados, associados ao registro das espécies de fungos liquenizados, podem gerar um interessante trabalho de caráter fundamentalmente ecológico.

Os cálculos do IPA confirmaram os níveis de poluição constatados nos pontos estudados no biomonitoramento ativo e possibilitaram uma avaliação geral da área, através do mapeamento do Índice de Pureza Atmosférica.

Os quadrantes localizados nas extremidades do parque foram os mais afetados pela poluição atmosférica, uma vez que estavam mais próximos das fontes poluidoras, com exceção dos quadrantes 03 e 09, que apresentaram altos Índices de Pureza Atmosférica. Isto pode ser devido, no quadrante 03, aos prédios construídos no local, que podem estar funcionando como uma barreira de proteção contra a ação dos poluentes; e, no quadrante 09, devido à presença de grandes espaços não arborizados, o que permite maior eficácia do sistema de ventilação natural, impedindo que os poluentes se acumulem no local.

O quadrante 01, que apresentou o maior nível de poluição atmosférica, está localizado na esquina da avenida Magalhães Barata, via de intenso tráfego de veículos e próximo à curva de automóveis, que pela necessidade de desaceleração e aceleração, libera grandes quantidades de poluentes pelas descargas dos motores, além disso, este quadrante apresenta grande densidade arbórea, o que reduz o sistema de ventilação natural permitindo o acúmulo de poluentes.



CONCLUSÃO

O presente estudo foi relevante no levantamento de dados a respeito da poluição atmosférica em uma área verde dentro da cidade de Belém-PA, de grande importância, tanto histórica quanto por sua diversificada vegetação, a qual está localizada no centro de um perímetro urbano e, desta forma, sujeita à ação dos poluentes emitidos pelas descargas de veículos automotores.

Apesar de ser uma primeira abordagem sobre o problema da poluição atmosférica no Parque Zoobotânico do MPEG, este trabalho mostra o valor e a contribuição que os estudos utilizando liquens podem dar para a avaliação da qualidade do ar em áreas urbanas.

O Parque apresentou pontos críticos, como o quadrante 01, localizado próximo ao cruzamento da Avenida Magalhães Barata e Travessa 9 de Janeiro e, em contrapartida, observou-se, também, pontos de baixo nível de poluição, como os quadrantes 05 e 08, localizados no centro do MPEG, o que demonstra que a poluição na área está relacionada com a proximidade das fontes poluidoras, neste caso, os veículos automotores que trafegam pelas avenidas entre as quais o Parque se localiza.

De forma geral, apesar de sua localização, a qualidade do ar no Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi pode ser considerada relativamente boa, uma vez que dos doze quadrantes analisados apenas um foi considerado altamente poluído, sendo os demais incluídos nas classes de médio e alto Índice de Pureza Atmosférica.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao administrador do Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi, Sr. Rafael Nascimento Filho e ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRODO, I.M. 1961. Transplant experiments with corticolous lichens, using a new technique. *Ecology*, 42:838-841.

BRODO, I.M. 1966. Lichen growth and cities: A study on long Island, New York. *Bryologist*, 69:427-449.

CASTRO, L.S.V. 1975. *Pontos de Estatística*. 16. ed. Rio de Janeiro, Editora Científica.

CHEN, A.R.; LOSADA, A.P.; VIEIRA, M.; CÁCERES, M.; PEREIRA, E.; SILVA, N.H.; MOTA-FILHO, F. 1995. Cálculo e mapeamento da qualidade do ar na UFPE, através do Índice de Pureza Atmosférica (Resumo). CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPE, 3. *Resumos*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco: 184.

GILBERT, O.L. 1965. Lichens as indicators of air pollution in theTyneValley. In: GOODMAN, G.T.; EDWARDS, R.W.; LAMBERT, J.M. (eds.). *Ecology and the Industrial Society*. London, Oxford University Press, p. 35-47.

GRIES, C.; SANZ, M.J. & NASH III, T.H. 1995. The effect of SO2 fumigation on CO2 gas exchange, chlorophyll fluorescence and chlorophyll degradation in different lichen species from western North America. *Crypt. Bot.*, 5: 239-246.

HALE, M.E. 1983. *The Biology of Lichens*. London, Edward Arnold Pub., 190p.

HAWKSWORTH, D.L.; McMANUS, P.M. 1989. Lichen recolonization in London under conditions of rapidly falling sulphur dioxide levels, and the concept of zone skipping. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 100: 99-109.

HILL, R. 1963. Chlorophyll. In: FLORKIN, M. & STOTZ, H. (eds.). *Comprehensive Biochemistry*, 9:73.

KLEMENT, O. 1956. Zur Flechtenoflora des Kolner Domes. *Dechentana*, 109:87-90.

KLEMENT, O. 1958. Die Flechtenvegetation Der Stadt Hannover. *Beitr. Naturk. Niedersachs*, 11:56-60.

LE BLANC, F. & DE SLOOVER, J. 1970. Relation Between Industrialization and the Distribution and Growth of Epiphytic Lichens and Mosses in Montreal. *Can. J. Bot.*, 48:1485-1496.

LE BLANC, F. & RAO, D.N. 1973. Evolution of the pollution and drougth hypothesis in relation to lichens and bryophytes in urban environments. *Bryologist*, 76:1-19.



LEGAZ, M.E.; VICENTE, C.; ASCASO, C.; PEREIRA, E.C. & XAVIER-FILHO, L. 1986. Pigment analysis of sun and shade populations of *Cladonia verticillaris*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 14: 575-582.

LOSADA, A.P.; CHEN, A.R.; CÁCERES, M.; MOTA-FILHO, F.; PEREIRA, E.C. & SILVA, N. H. 1995a. Análise de fenóis corticais e medulares de liquens como parâmetro de avaliação da ação de poluentes. REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 19. *Resumos*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco: 114.

LOSADA, A.P.; CHEN, A.R.; VIEIRA, M.M.; CÁCERES, M.E.; SILVA, N.H. & PEREIRA, E.C. 1995b. Teores de clorofilas e feofitinas em liquens do campus da UFPE (Resumo). REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 19. *Resumos*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco: 115.

NASH III, T.H. 1996. *Lichen Biology*. Cambridge, Cambridge University Press. 303p.

NIEBOER, E.; AHMED, H.M.; PUCKETT, K.J. & RICHARDSON, D.H.S. 1972. The heavy metal content of lichens in relation to distance from a nickel smelter in Sudbury, Ontario. *Lichenologist*, 5:292-304.

PEREIRA, E.C. 1998. Lichens from northeast Brazil: studies and applications. In: MARCELLI, M.P. & SEAWARD, M.R.D. (eds.). *Lichenology in Latin America, history, current knowledge and application*. São Paulo, p. 65-70.

PILEGAARD, K. 1978. Airborne metals and SO_2 monitored by epiphytic lichens in an industrial area. *Environ. Pollut.*, 17:81-91.

RAO, D.N. & LEBLANC, F. 1966. Effects of sulfur dioxide on the lichen alga, with special reference to chlorophyll. *Bryologist*, 69:69-75.

RYDZAK, J. 1958. Influence of Small Towns on Lichen Vegetation. *Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska., Sect.*, 13:275-323.

RYDZAK, J. 1969. Lichens as Indicators of Ecological Conditions of the Habitat. *Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska., Sect.*, 23:131-164.

SEAWARD, M.R.D. 1976. Lichens in air-polluted environments: Multivariate analysis of the factors involved. KUOPIO MEETING ON PLANT DAMAGES CAUSED BY AIR POLLUTIONS. *Proceedings*. Kuopio: 57-63.

SEAWARD, M.R.D. 1977. *Lichen Ecology*. London, Academic Press, 550p.

SEAWARD, M.R.D. 1993. Lichens and sulphur dioxide air pollution: field studies. *Environ. Rev.*, 1: 73-91.

SERNANDER, R. 1926. *Stockholm's nature*. Almqvist and Wilksells, Uppsala.



VERNON, L.P. 1960. Spectrophotometric determination of chlorophylls and phaeophytins in plant extracts. *Anal. Biochem.*, 23:1142.

XAVIER-FILHO, L. 1983. *Aspectos bio-ecológicos da poluição do ar.* João Pessoa, UFPB-Editora Universitária, 83p.

Recebido em: 22.09.99
Aprovado em: 31.10.00

